

試作アナログデジタル変換器について

高瀬 博文・細川 孝光
河原 守・中川 孝之

On an Analogue to Digital Converter.

Hirobumi TAKASE
Takamitsu HOSOKAWA
Mamoru KAWAHARA
Takayuki NAKAGAWA

We tried to make up an A-D converter for detector of signal, which is consisted of the D. C. Amp., Schmitt circuit, and monostable multivibrator.

This report is concerned with the explanation of the operations and characteristics of it.

1. 緒 言

制御系や装置が複雑、高度化するに従って取扱う信号量の増加と、それらの処理操作が複雑化する。そして処理操作や伝送中の雑音の混入や信号の大きさの低下によって、アナログ的な処理方法には限界がある。

近年アナログ的信号のデジタル化によってこれらの欠点を実質的に小さくするため、アナログデジタル変換方式の計測器や、デジタル制御系などがさかんに利用されるようになってきた。

現在まで良く用いられてきた各種の検出器は、その信号がアナログ量としての取扱いが多く、これらをデジタル的な取扱いをするには、アナログ信号をデジタル化する必要がある。そして、その変換器の性能が、系全体の性能を支配する。それで、各社で製作されている A-D 変換器は高価であるため、実験室で或特定の目的のため市販のものを使用するのは不経済と考え、使用目的に応じた適当なものを、安価に設計、製作し、その目的を果す事が出来ないだろうかと考え、積分型電圧周波数変換方式の A-D 変換器を試作した。そして実験の結果によれば、その取扱い方にある注意をすれば実用になると思われるものが出来たので、その性能と、制作上特に留意した点について報告する。

2. 装置概要

試作器のブロック図を図-1に示す。これはデジタ

ル電圧計などに実用されている積分型電圧周波数変換方式のものである。この動作は次のようである。

入力信号電圧が積分器に加わると、その出力電圧は入力の極性によって正、負いずれかの方向のランプ電圧を生ずる。

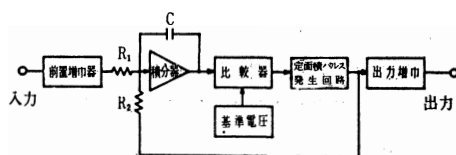


図-1

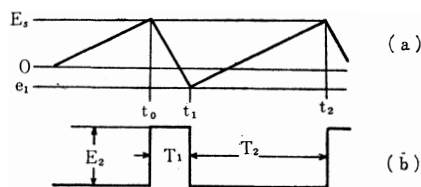


図-2

(図-2a) これがある基準電圧 E_s に達するところで入力と逆極性の定面積パルスが作られ積分器の入力側に負帰還され、その出力電圧を最初の零レベルにもどすように動作する。言いかえると入力電圧に比例し

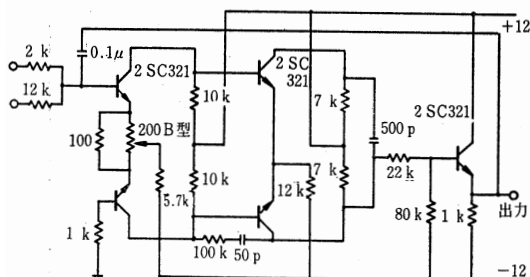
総合利得は約 80 db で、雑音、ドリフト、入出力特性は写真—1 および写真—2 のようである。

<3.2> 加算積分器

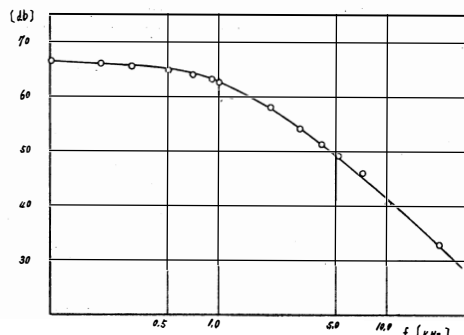
積分演算用の直流増幅器についても、すでに述べた、前置増幅器と同様である。ただ、この場合は帰還イミピーダンスがコンデンサであるため低周波域で負帰還量が減少して、ドリフトや低周波雑音などの影響が大きくなる点異なる。それで、利得を必要以上に大きくすることはかえって好ましくないと考え、これを約 67db 程度になるように、各段毎に直流負帰還をかけて安定化を計った。そして、全体の周波数特性が 1 kc 付近から直線的に下降する一次おくれに近い形になるように調整した。

又、必要な出力電圧は、この後に接続されるレベル検出器の基準電圧を後に述べる理由から 0.6V に選び、将来負のレベル検出器を増設する場合、基準電圧は $\pm 0.6V$ 、計 1.2V のせまい範囲となるから、動作点の選定は容易であり、 $\pm 12V$ の電源にて動作するように、この積分器は全て NPN 型トランジスタを用いた。

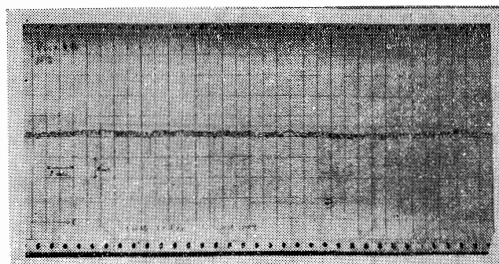
図—4 はこの回路を、図—5 は周波数特性を示し、そして写真—3 は雑音とドリフトを示す。



図—4



図—5



写真—3

写真—3 の雑音がやや大きいのは、これは初段に使用したトランジスタによるものである。このトランジスタは、適当なものが無かったので、やや大型のスイッチング用のものを用いたため、動作電流数百 μA 以下では、 h_{fe} が非常に小さくなるので、これを 1 mA に選んだため雑音が大きくなったものである。もし、小信号増幅用の適当なトランジスタを数十 μA の動作電流で使用すれば、この雑音は、いちじるしく小さくなると思われる。

積分時定数 C 、 R_1 、 R_2 については、積分誤差の点では、なるべく大きい程良いのであるが安定性、その他を考慮して、 $C=0.02\mu F$ 、 $R_1=2K\Omega$ 、 $R_2=12K\Omega$ とした。

<3.3> 比較検出回路

図—6 に示すように、振幅比較回路とシュミット回路を組合せて、+0.6V の基準電圧と入力電圧とを比較して両者が等しくなった時、トリガパルスを出す回路である。

シュミット回路にわずかのヒステリシスを持たせて、雑音や、その他の微少な変動に対して動作の安定化をはかり、検出感度を増大させた。

検出電圧の大小は、入出力の関係には影響しないが、その基準電圧の決定には、次の点を配慮した。

先ず第一に、分解能に相当する最小入力電圧 E_{min} を印加したとき、積分器出力はその瞬間から、立上って比較電圧 E_s に達する。この E_s に達するまでの時間が比較的短かく、すくなくとも、積分時定数以内に容易に達し得るという条件を満足するような E_s でなければならない。この電圧が大となると入力信号の小さい所で直線性が失われる。

又、入力によるランプ電圧が、 E_s に達したあと逆方向に引きもどされる最低レベルが、負の比較電圧に達してはならないので、低過ぎても、動作しなくなる。

この二つの条件を満足するように C 、 R_1 、 R_2 、 E_2 、そして T など前にのべたように定めた。即ち、

前述した通り +0.6 ボルトである。

図-6 はこの回路を、写真-4 は検出特性を示している。

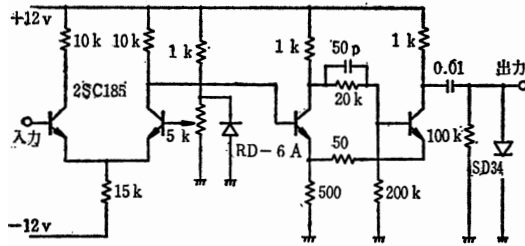


図-6

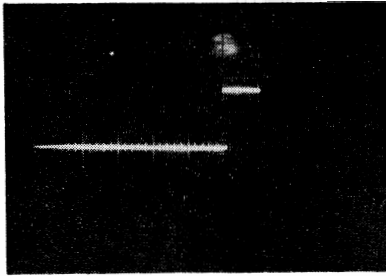


写真-4

<3.4> 定面積パルス発生回路

直流的な電位を一定に保つことは比較的容易であるが、一発毎のパルスの高さや巾を外部条件に関係無く一定に保つことはかなりむずかしい。

我々が、このパルス発生回路を図-8 のような簡単な単安定マルチバイブレーターによって行おうと考えたのは、このパルス幅 T_1 、および高さ E_2 と出力周波数 F とは (1) 式で示される関係にあるから、 T_1 、及び E_2 を或る程度大きく選べば F への影響は比較的小さくすることが可能であろうと考えた。しかし当然のことながら先程の E_{min} との関係で、大きさにも限界がある。これは定面積パルスによって最低レベルまで引もどされたあと、最小入力 E_{min} が積分され、再び E_s に達するまでの時間が積分コンデンサの充電時定数以内になれば直線性が失われ、場合によっては全く動作しなくなる。図-8 の T_1 をパラメータとした入出力特性の直線が途中で消えているのがこの性質をあらわしている。 E_2 についても、 T_1 と同様のことが言えるが、これについては動作原理上最大入力 E_{max} の時に

$$\frac{E_{max}}{R_1} < \frac{E_2}{R_2}$$

となるために下限も存在する。

図-7 にこの回路を示す。

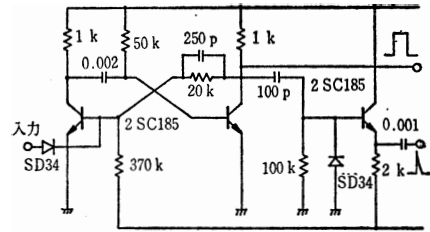


図-7

これは $T_1 = 60 \mu s$ 、 $E_2 = 10V$ のときの定数である。

4. 実験結果

以上のような考えにもとずいて作られた装置の特性の2, 3を以下に記す。

図-8 はパルス幅をパラメータとして入、出力関係を実測したものである。この図から各直線群が全体に右へ平行移動しており、各直線が原点を通らないことがわかる。

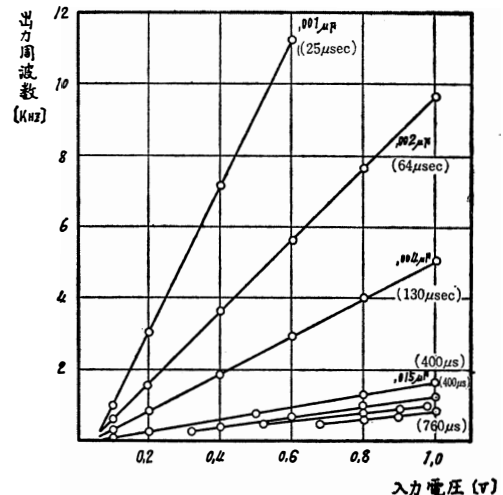


図-8

これは定面積パルスの零レベルが完全に、零ボルトではなくて、トランジスタの V_{CEs} に相当する +0.2V 程の直流電圧が重畳しているためであって、入力電圧に換算すると約 33mV に相当する。

つぎに、この問題を解決のため我々は、前置増幅器の零レベルを、あらかじめ負の方向へずらしてセットすることによって、これを解決して見た。その結果が図-9 である。

つぎに温度による指示値の変動を実測した結果を

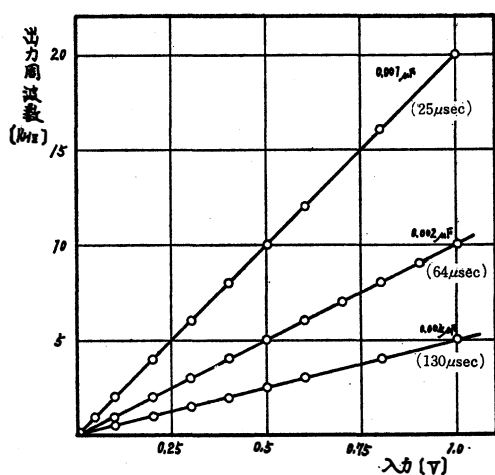


図-9

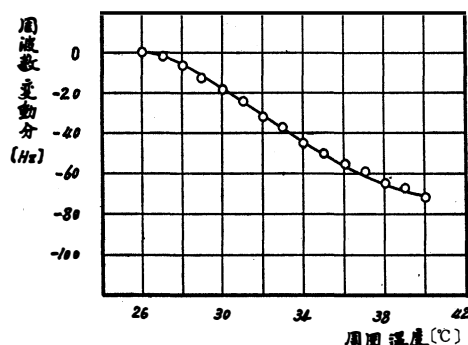


図-10

図-10に示す。

これは26°Cに於て1Vを印加し、10,000サイクルの出力周波数が、1°C上昇に対して約5サイクルの割で減少する傾向を示している。又、室温で放置した場合は、2～3時間で平均2サイクル程度のバラツキがあった。しかし信号源の安定度や、カウンターの1カウント誤差を考えると、実用上ほとんど問題ないものとする。したがってこの装置は、はじめの期待にそう、A-D変換器と見られることがわかった。

5. む す び

計算上は、0.2mVの入力に対し、2サイクル程度まで出力が出るはずであるが、実際には約20サイクル程度までしか出ない。これは、前述の V_{CEs} に対する打消しが非常に微妙な調節となるため、正確に行うことの困難性にもとづくものと考えられる。

さらに、このような方法では、負のレベル検出器が

増設出来なくなる。

従って、多少装置が複雑化しても、原理的に、このような V_{CEs} による影響の生じない回路を備えるように工夫すべきであると思われる。